Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 33, No. 2, Summer 2019, p. 191-204

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۲۰۴-۱۹۱

ارزیابی کارایی نخلستان‌های شهرستان اهواز تحت شرایط عدم حتمیت: کاربرد رهیافت تحلیل پوششی داده‌های استوار و شبیه‌سازی مونت کارلو

مصطفی مردانی نجف‌آبادی[1]*- عباس عبدشاهی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۳۱

چکیده

خرما به دلیل نقش به‌سزایی که در تولید ناخالص ملی، اشتغال‌زایی و صادرات دارد، یکی از درختان باغی استراتژیک و اقتصادی ایران است. لذا بررسی کارایی تولیدکنندگان خرما و تلاش جهت بهبود کارایی و استفاده‌ی بهینه از منابع، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مطالعه‌ی حاضر، جهت در نظر گرفتن شرایط عدم حتمیت در برآورد کارایی نخلستان‌های شهرستان اهواز، از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) استفاده شده است. برای این منظور ۸۵ نفر از نخل‌کاران این شهرستان با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب و داده‌ها مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه در سال ۱۳۹۷ گردآوری شدند. میانگین کارایی فنی برای این دسته از کشاورزان ۹۰ درصد برآورد شده و این نتیجه نشان دهنده سطح نسبتاً بالای دانش فنی کشاورزان در استفاده از فناوری‌های نه چندان پیشرفته کنونی با توجه به منابع موجود می‌باشد. مهمترین نهاده‌ای که باعث عدم کارایی در نخلستان‌های ناکارا شده شامل ماشین‌آلات، کود، آفت‌کش و آب آبیاری بوده که با استفاده بهینه از این عوامل تولید به ترتیب ۵۶، ۳۴، ۳۳ و ۲۳ درصد کاهش در مصرف این نهاده‌ها ایجاد خواهد شد. نتایج حاصل از ارزیابی توانایی مدل RDEA در مقابل داده‌های نامطمئن که با استفاده از مدل شبیه‌سازی مونت‌کارلو انجام پذیرفت نشان داد که این مدل انعطاف‌پذیری قابل توجهی در محافظت از مدل برای این نوع از داده‌ها دارد. بنابراین، استفاده از نتایج قابل اعتماد این مدل برای مدیران تصمیم‌گیر در سازمان‌های متبوع توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌های استوار، شبیه‌سازی مونت کارلو، عدم قطعیت، محصول خرما

مقدمه

ارزیابی کارایی در تولیدات کشاورزی موضوعی مهم در اجرای فرایند توسعه‌ی کشاورزی کشورهای در حال توسعه است؛ زیرا از این رهگذر، اطلاعات سودمند در زمینه‌ی تصمیم‌گیری‌های مناسب برای مدیریت دقیق در راستای تخصیص منابع و تنظیم سیاست‌های کشاورزی در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌گیرد (۲). تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[3]، روشی غیرپارامتریک و مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری که وظایف یکسانی انجام می‌دهند، ابداع شده است (۷).

وجود عدم حتمیت در برآورد داده‌های الگوی تحلیل پوششی داده‌ها برای بخش کشاورزی به علت وجود خطاهای نمونه‌گیری و یا استفاده از شاخص‌های گرایش به مرکز، امری اجتناب‌ناپذیر بوده و ضرورت استفاده از الگوهایی که توانایی کنترل تغییرات ناشی از داده‌های نامطمئن را دارا باشند، به شدت احساس می‌شود (۲۳). اخیراً روش‌های گوناگونی برای غلبه بر مسئله‌ی داده‌های نامطمئن در الگوی تحلیل پوششی داده‌ها به وجود آمده است (۱۰ و ۲۵). از جمله می‌توان به مطالعه دیسپوتیس و همکاران (۸) در مقاله‌ای تحت عنوان "تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های نامعین" اشاره نمود. در این مطالعه به ارائه روشی ساده برای حل مسائل تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های نامشخص پرداخته و از روش برنامه‌ریزی بازه‌ای بهره گرفته شد. نتایج نشادن داد که روش ارائه شده (IDEA)[4] مقادیر دقیق‌تری نسبت به الگوی متداول DEA به دست می‌دهد. با این وجود یکی از عمده‌ترین معایب استفاده از روش IDEA، خروجی بازه‌ای برای امتیاز کارایی واحدها بوده که این امر منجر به دشواری ارزیابی و تفسیر

۱ و ۲- استادیار و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: M.mardani@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/jead2.v0i0.79050

3- Data Envelopment Analysis

4- Interval Data Envelopment Analysis

حدود بالا و پایین کارایی می‌شود (۱۵). جهت غلبه بر این مشکل، استفاده از روش‌های دیگر چون تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)[1] و تصادفی (SDEA)[2] نیز مورد توجه محققین قرار گرفت (۹ و ۲۴).

از دیگر روش‌های مقابله به داده‌های نامطمئن که در اواخر دهه ۱۹۹۰ در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مطرح شد، راهکار ایجاد محافظه‌کاری در آن مدل‌ها هستند. همین امر موجب ابداع روش بهینه‌سازی استوار شد (۵). از جمله محاسن استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)[3] می‌توان به ارائه پاسخ‌های بهینه نقطه‌ای، عدم التزام به آگاهی از توزیع داده‌ها و عدم چشم پوشی از اطلاعات روی ضرایب عدم اطمینان اشاره کرد که به ترتیب مشکلات موجود در روش‌های IDEA ،SDEA و FDEA را مرتفع می‌نماید (۲۲).

مطالعات متعددی در زمینه محاسبه کارایی محصولات کشاورزی با کاربردهای متنوع و استفاده از رویکردهای متفاوت DEA وجود دارد. از جمله می‌توان به مطالعه عبدپور و همکاران (۱) که به تحلیل نقش عوامل مؤثر بر کارایی تولید خرما در شهرستان بم با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند، اشاره کرد. نتایج نشان دادند که میانگین کارایی‌های فنی، مقیاس، تخصیصی و اقتصادی به ترتیب برابر با ۶۶/۱۵، ۶۶/۲، ۴۶/۱۴ و ۲۸/۲۲ درصد می‌باشد. مردانی و همکاران (۱۶) که به بررسی کارایی مزارع گندم سیستان با تلفیق مدل بهینه‌سازی با پارامترهای کنترل کننده میزان محافظه‌کاری و تحلیل پوششی داده‌ها، به این نتیجه رسیدند که کارایی مزارع نمونه در مدل پیشنهادی، در سطوح ثابت عدم اطمینان معین و با افزایش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود، کاهش می‌یابد. مردانی و صبوحی (۲۱) از روش بهینه‌سازی استوار خطی جهت اندازه‌گیری کارایی مقیاس و فنی سیب‌زمینی‌کاران ۲۳ استان کشور ایران بهره بردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد با افزایش احتمال انحراف محدودیت کارایی کاهش می‌یابد. بوبکر و همکاران[4] (۶) به بررسی کارایی فنی مزارع برنج و عوامل موثر بر آن در جنوب غربی نیجریه پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که تولیدکنندگان برنج در جنوب غرب نیجریه می‌توانند میزان ورودی خود را بدون کاهش میزان خروجی به میزان ۵۲ درصد کاهش دهند.

درخت خرما یکی از درختان باغی مهم و استراتژیک ایران است که کشت آن از گذشته مورد توجه بوده و از جمله محصولات مهم و با ارزش کشور است که نقش به‌سزایی در تولید ناخالص ملی (۵۰۰ میلیارد ریال در سال)، اشتغال‌زایی (بیش از ۵۰۰ هزار نفر در مناطق خرماخیز)، صادرات (بیش از ۱۰۰ هزار تن در سال) و ایجاد صنایع مختلف بسته‌بندی و جانبی دارد. همچنین این محصول به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای و پتانسیل ارزآوری، دارای جایگاهی خاص در کشاورزی ایران است. به طوری که ایران در سال ۲۰۱۴ با تولید سالانه بیش از یک میلیون تن به ارزش تقریبی ۵۶۴۴۱۰ هزار دلار نزدیک به ۱۴ درصد خرمای جهان را تولید کرده و از لحاظ تولید، رتبه دوم را در جهان پس از مصر به خود اختصاص داده است (۱).

خوزستان دومین استان کشور از نظر تولید خرما بوده و سطح زیر کشت آن در این استان حدود ۴۲ هزار هکتار است. در این میان، شهرستان اهواز با تولید ۳۰۹۶۷ تن انواع محصول خرما، مقام سوم را بین شهرستان‌های واقع در استان خوزستان از منظر تولید دارا می‌باشد (۱۴). با توجه به اهمیت تولید خرما و پتانسیل‌ها و استعدادهای موجود در شهرستان اهواز در خصوص کشت و تولید آن، روش‌های موجود برای افزایش تولید خرما از جمله افزایش منابع اساسی تولید (مانند زمین، آب و سرمایه) و توسعه فناوری‌های نوین به دلیل وجود مشکلات طبیعی و شرایط نامناسب اقتصادی کشاورزان، راهکار سودمندی در کوتاه مدت به نظر نمی‌رسد. با این حال، امکان افزایش تولید و درآمد تولیدکنندگان خرما با سطح فعلی منابع و فناوری‌ها وجود دارد (۱۳). بنابراین، ایجاد یک ابزار توانمند برای تصمیمات مدیریتی در مورد عملکرد نخلستان‌های اهواز، بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

هدف اصلی از انجام این پژوهش، برآورد کارایی تولیدکنندگان خرما شهرستان اهواز با استفاده از دو الگوی DEA و RDEA به منظور برنامه‌ریزی منطقی جهت مدیریت تولید این محصول می‌باشد. این هدف شامل اهداف فرعی از قبیل: (۱) بررسی کارایی فنی، مقیاس و خالص نخلستان‌ها در شهرستان اهواز، (۲) تشخیص مهمترین نهاده‌هایی که منجر به ناکارایی نخلستان‌ها شده است، (۳) تعیین میزان مصرف بهینه از نهاده‌های تولید در نخلستان‌های ناکارا و (۴) حصول اطمینان از نتایج مدل RDEA با ارزیابی آن توسط روش شبیه‌سازی مونت کارلو، نیز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در حالت کلی، روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به چهار صورت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)[5]، بازده ثابت نسبت به مقیاس(CRS)[6]، بازده افزایشی نسبت به مقیاس (IRS)[7] و بازده

1- Fuzzy Data Envelopment Analysis
2- Stochastic Data Envelopment Analysis
3- Robust Data Envelopment Analysis
4 - Boubacar

5- Variable Return to Scale
6- Constant Return to Scale
7- Increasing Return to Scale

کاهشی نسبت به مقیاس (DRS)[1]، بـا دو رویکـرد کلـی نهـاده‌گـرا و ستاده‌گرا تقسیم کرد. در این مطالعـه، از دو روش CRS و VRS کـه رویکرد نهاده گرا دارند، استفاده شده است. فرم کلـی روش CRS بـه صورت رابطه (۱) است.

$$\max \quad \theta_o = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro,}$$
$$subject\ to \quad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1, \qquad (۱)$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0, \quad \forall j,$$
$$u_r, v_i \ge 0 \qquad \forall r, i.$$

الگوی ۱ الگویی نهاده‌گرا است. متغیرهای این الگـو $u \in Rs\times1$ و $\mathbf{v} \in Rm\times1$ هستند. v_i و u_r به ترتیب مربوط به وزن‌هـای ورودی i و خروجـی r هسـتند. θo کـارایی حاصـل از برتـری ورودی‌هـا و خروجی‌های واحد تصمیم گیرنده o با استفاده از حداکثر نمودن تـابع هدف در الگوی ۱ و با توجه به متغیرهای وزنی است. با اسـتفاده از دو محدودیت اول در این الگو، کارایی واحد تصمیم گیرنده o در فاصله [0,1) قرار خواهد گرفت. بر این اساس، واحـدی دارای کـارایی کامـل است، اگر و تنها اگر، امکان بهبودی استفاده از نهاده‌هـا و یـا افـزایش ستاده‌ها بدون خسارت به دیگر نهاده‌ها یا ستاده‌ها وجود نداشته باشد (۳). با توجه به الگوی ۱، مقادیر هـدف جهـت کـارا شـدن واحـدهای ناکارا به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$x_{io}^{*} = x_{io}\theta_o - s_i^{-} \qquad \forall i$$
$$y_{ro}^{*} = y_{ro}\theta_o + s_{ro}^{+} \qquad \forall r \qquad (۲)$$

همانطور که قبلاً ذکر شد، CRS الگویی مناسـب بـرای مـواقعی است که فرض شود کشاورز در مقیاس بهینه عمل می‌کند. این فرض در مسائل کاربردی به دلیل عواملی از قبیل رقابت نـاقص و تغییـرات ناگهانی آب و هوا، یک فرض دور از ذهن است. برای مقابلـه بـا ایـن مشکل، الگوی بازده متغیر نسـبت بـه مقیـاس (VRS) معرفـی شـد. بنابراین، اگر نتایج حاصل از هر دو الگوی بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس برابر باشد، به این معنی است یک رابطه خطی میان داده‌ها و ستاده‌ها وجود دارد. برای کارایی مقیاس، کافی است که متغیر (w) بـه سمت چپ محدودیت دوم و تابع هدف الگوی ۱ اضـافه گـردد. بـرای بررسی مهارت کشـاورزان در امـور تولیـدی، از کـارایی فنـی خـالص استفاده می‌شود. برای محاسبه این نوع کـارایی، مـی‌تـوان از تقسـیم کارایی فنی به کارایی مقیاس استفاده نمود.

با توجـه بـه ابهـام و عـدم حتمیـت در مقـادیر ورودی (x_{ij}) و خروجی (y_{rj}) و با فرض در نظر گـرفتن مجموعـه‌ای از واحـدهای تصمیم‌گیرنده که J_j^x و J_j^y به ترتیب مجموعه‌های مربوط بـه ارزش نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم برای این واحدها است، می‌توان به تعریـف پارامترهای γ_j^x و γ_j^y که ارزشی بـین فواصـل محـدود $\left[0, J_j^x\right]$ و $\left[0, J_j^Y\right]$ دارند، پرداخت. نقـش ایـن پارامترهـا، استوارسـازی مـدل DEA در برابر تغییرات ناشـی از شـرایط عـدم حتمیـت در داده‌هـای ورودی و خروجی است، مـی‌باشـد. فـرم عمـومی مـدل RDEA بـه صورت رابطه ۳ نگاشته می‌شود (۲۲).

$$\max \quad \theta_p = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp}^{U} - \beta_p^{y},$$
$$s.t \quad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{iP}^{L} + \beta_P^{X} = 1 \qquad (۳)$$
$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{L} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{U} + \beta_j^{y} + \beta_j^{X} \le 0, \quad \forall j \ne p,$$
$$\theta_P \le 1,$$

در رابطـه ۳ دو متغیـر $\beta_j^y\left(y, \gamma_j^y\right)$ و $\beta_j^x\left(x, \gamma_j^x\right)$ جهـت اعمال شرایط عدم اطمینان در مدل DEA متداول تعریـف شـده‌انـد. بعبارت دیگر این دو متغیر از محـدودیت‌هـا در مقابـل عـدم حتمیـت محافظت کرده و به آن‌ها کمک می‌کنند که به صورت امکانپذیر باقی بمانند. اکنون اگر متغیر C_j^y و C_j^x به ترتیب به صورت روابط ۵ و ۶ تعریف شوند.

$$C_j^y = \left\{S_j^y \cup \left\{t_j^y\right\} \middle| S_j^y \subseteq J_j^y, \left|S_j^y\right| = \left|\gamma_j^y\right|, t_j^y \in J_j^y / S_j^y \right\} \qquad (۴)$$

$$C_j^x = \left\{S_j^x \cup \left\{t_j^x\right\} \middle| S_j^x \subseteq J_j^x, \left|S_j^x\right| = \left|\gamma_j^x\right|, t_j^x \in J_j^x / S_j^x \right\} \qquad (۵)$$

از طرف دیگر اگر مقادیر ورودی و خروجی را به صـورت بـازه‌ای، $x_{ij} \in \left[x_{ij}^L, x_{ij}^U\right]$ و $y_{ij} \in \left[y_{ij}^L, y_{ij}^U\right]$ تعریف نمـود، مـی‌تـوان دو متغیر β_j^y و β_j^x را به ترتیب به صورت روابط ۶ و ۷ نوشت.

$$\beta_j^y\left(\gamma, \gamma_j^y\right) = \max_{c_j^y} \left\{ \sum_{r \in s_j^y} u_r\left(y_{rj}^U - y_{rj}^L\right) + \left(\gamma_j^y - \left\lfloor \gamma_j^y \right\rfloor\right) u_{t_j^y}\left(y_{t_j^y j}^U - y_{t_j^y j}^L\right) \right\} \qquad (۶)$$

$$\beta_j^x\left(\gamma, \gamma_j^x\right) = \max_{c_j^x} \left\{ \sum_{i \in s_j^x} u_i\left(y_{ij}^U - y_{ij}^L\right) + \left(\gamma_j^i - \left\lfloor \gamma_j^i \right\rfloor\right) u_{t_j^i}\left(y_{t_j^i j}^U - y_{t_j^x j}^L\right) \right\} \qquad (۷)$$

بنابراین، رابطه ۳ ممکن است که با تأثیرات غیـر خطـی مواجـه شود.

نکته قابل توجهی که از روابط فوق بدست می‌آید این اسـت کـه اگـر $J_j^x = 0$ و $J_j^y = 0$ در نتیجـه دو متغیـر $\beta_j^y\left(y, \gamma_j^y\right)$ و $\beta_j^x\left(x, \gamma_j^x\right)$ مساوی صفر قرار گرفته و خاصیت خـود را از دسـت می‌دهند. نتیجه این امر تساوی توابع هدف و محدودیت‌های روابـط ۳

1- Decreasing Return To Scale

و ۱ بوده و مفهوم آن تساوی مدل‌های RDEA و حالت خوشبینانه IDEA می‌باشد. بطور مشابه، اگر $J_j^y = \left|J_j^y\right|$ و $J_j^x = \left|J_j^x\right|$ آنگاه $\beta_j^y\left(y,\gamma_j^y\right) = \sum_{r=1}^{s} u_r\left(y_{rj}^U - y_{rj}^L\right)$ و $\beta_j^x\left(y,\gamma_j^x\right) = \sum_{i=1}^{m} v_r\left(x_{ij}^U - x_{rj}^L\right)$، بدبینانه‌ترین حالت برای نتایج مدل متصور خواهد شد.

بنابراین، با سطوح متفاوت γ_j^x و γ_j^y، می‌توان یک رنج منعطف از استواری مدل RDEA را در مقابل سطوح متفاوت حفاظت از پاسخ‌های بهینه تجربه کرد. در نهایت، مدل RDEA را می‌توان بصورت مدل برنامه‌ریزی غیرخطی زیر ارائه کرد:

$$
\begin{aligned}
\max \quad & \theta_p = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp}^U - z_p \gamma_p^y - \sum_{r=1}^{s} P_{rp}, \\
s.t \quad & \sum_{i=1}^{m} v_i x_{iP}^L + z_p \gamma_p^x - \sum_{r=1}^{m} q_{ip} = 1 \\
& \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^U + z_j \Gamma_j + \sum_{r=1}^{s} P_{rj} + \sum_{r=1}^{m} q_{ij} \le 0 \qquad \forall j \ne p, \\
& z_j + p_{rj} \ge u_r\left(y_{rj}^U - y_{rj}^L\right), \qquad \forall r, j \\
& z_j + q_{ij} \ge v_i\left(x_{rj}^U - x_{rj}^L\right), \qquad \forall i, j \\
& \theta_P \le 1, \\
& v_i, u_r \ge \varepsilon, \qquad \forall i, r \\
& z_j, q_{ij}, p_{rj} \ge 0, \qquad \forall i, j, r
\end{aligned}
\tag{۸}
$$

برای پارامترهای Γ_j مقادیر متفاوتی وجود دارد و به این صورت محاسبه می‌شود که برای حداکثر احتمال انحراف محدودیت ژام از کران خود (p_j) کافی است که این پارامتر حداقل مساوی با معادله ۹ باشد (۵).

$$\Gamma_j = 1 + \Phi^{-1}(1 - p_j)\sqrt{n} \tag{۹}$$

که Φ توزیع تجمعی متغیر گاوسی استاندارد و n منابع عدم حتیمت در هر محدودیت است. برای مثال، اگر n=۵۰ و p_j =۰/۰۵ باشد، مقدار این پارامتر ۱۲/۵۹ خواهد بود.

داده‌های ورودی و خروجی مدل RDEA برای هر یک از نخلستان‌های نمونه منطقه اهواز شامل موارد زیر می‌باشد:

ورودی‌ها (نهاده ها):

نیروی‌کار: به دلیل عدم وجود روش مکانیزه کاملی که تمام نیاز نخل‌داران را برآورده کند، اکثر عملیات زراعی نخل خرما در سراسر دنیا به صورت دستی انجام می‌گیرد و این مهم، اهمیت وجود نیروی کار را در آن نمایان می‌کند.

کود شیمیایی: یکی از عوامل مهم در عملکرد و کیفیت خرما تحت تأثیر نوع و مقدار مصرف کودهای آلی و شیمیایی قرار دارد که این کودها باید طبق برنامه‌ریزی و میزان مصرف مشخص در اختیار نخل قرار گیرد. با توجه به پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده از نخل‌کاران این منطقه مشخص شد که عمده‌ترین کودهای مورد استفاده در مناطق مورد مطالعه شامل کود اوره، کود سفید (ازت) و کود سیاه (فسفات) می‌باشد. شایان ذکر است که کلاس خاک موجود در منطقه مورد مطالعه کلاس۲ بوده که دارای محدودیت‌های مختصر در عملیات آبیاری و کشاورزی می‌باشد و برای بهره‌برداری از اراضی مشکلات چشمگیر ایجاد نمی‌نماید (۱۸). بنابراین، مقدار مجموع وزنی انواع کود شیمیایی مشکلی در بهینه‌سازی وزن‌های مورد استفاده در تکنیک DEA ایجاد نخواهد کرد. از سوی دیگر، کلیه کشاورزانی که مورد مصاحبه قرار گرفتند از نسبتی ثابت از کود شیمیایی استفاده می‌کردند. بعنوان مثال ذکر می‌شد که به ازای هر کیسه کود اوره و سفید، یک پنجم کود سیاه (فسفات) هم استفاده می‌شود. چون نسبت میزان کود دهی در میان کشاورزان این منطقه یکسان است، نیازی به جداسازی انواع کود دیده نشد.

آفت‌کش: با توجه به پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده از نخل‌کاران این منطقه مشخص شد که عمده سم مورد استفاده در منطقه نئورون و دیازینون (انواع حشره‌کش) می‌باشد.

ماشین‌آلات: رعایت اصول فنی و عملی در نحوه تهیه بستر، کشت و آبیاری نخل خرما یکی از مهمترین عوامل مؤثر در عملکرد محصول در واحد سطح می‌باشد (۱۲).

تعداد درختان نخل: میانگین مجموع تعداد درختان نر و ماده در یک هکتار برای هر بهره‌بردار می‌باشد.

سطح زیر کشت: یکی از نهاده‌های بسیار با اهمیت که موجب تفاوت در کارایی فنی و مقیاس می‌گردد، نهاده زمین (سطح زیرکشت) می‌باشد.

تعداد شاخه نر جهت تلقیح: درختان نخل دارای دو جنس ماده و نر هستند. در مزارع نخل، تعداد درختان ماده بسیار بیشتر از درختان نر است؛ بنابراین برای بارور ساختن درختان ماده باید گرده‌های درخت نر را به آن رساند. البته باید توجه داشت که در اکثر نخلستان‌های مورد مطالعه، غالب درختان ماده بوده و شاخه‌های نر مناسب تلقیح توسط نخل‌کاران خریداری می‌شود؛ از این رو، با توجه به هزینه‌ای که در بر دارد انتخاب آن به عنوان یک ورودی منطقی می‌باشد. کارگران گرده نر را بصورت دستی به بالای درخت ماده می‌برند و آن را بارور می‌سازند (عمل تلقیح).

آب آبیاری: با توجه به نیاز آبی بسیار بالای نخل، یکی از نهاده‌های بسیار مهم در امر بررسی کارایی نخلستان‌ها آب آبیاری می‌باشد.

خروجی (ستاده)

عملکرد: خرما میوه‌ای است با ارزش غذایی بالا که به دلیل داشتن مواد قندی قابل توجه (حدوداً ۷۰٪)، علاوه بر مصرف غذایی، در صنعت نیز موارد استفاده فراوان دارد. رقم غالب خرما در منطقه

اهواز استعمران بوده که عملکرد آن در نخلستان‌ها به عنوان تنها خروجی مدل در نظر گرفته شد.

مدل شبیه‌سازی مونت کارلو

ارزیابی توانایی روش RDEA در مقابل داده‌های نامطمئن و بررسی میزان مقاومت این روش در مقابل تغییرات احتمالی در داده‌های ورودی و خروجی، از ضروریات اعتماد به این مدل می‌باشد. در این راستا، از مدل شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای تولید اعداد تصادفی و ارزیابی مدل RDEA، استفاده شده است. این شبیه‌سازی یک الگوریتم محاسباتی است که از نمونه‌گیری تصادفی برای محاسبه نتایج استفاده نموده و دارای ۴ فاز اصلی است. در فاز اول که شامل ۳ گام است، مدل RDEA به ازای مقادیر مختلف ε و p حل شده و با توجه به مقادیر کارایی حاصله، کلیه واحدهای تصمیم‌گیری رتبه‌بندی شده و وزن‌های بهینه برای داده‌های ورودی و خروجی (v_i و u_r) استخراج می‌گردد. انجام این فاز به طور کامل در نرم افزار بهینه‌ساز GAMS کدنویسی و حل شد. روش بهینه‌سازی انتخاب شده برای حل این مدل عبارت از CONOPT4 بود که یک بهینه‌ساز برای حل مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی بزرگ مقیاس است. CONOPT4 بر اساس روش گرادیان کاهش یافته عمومی (GRG)[1] عمل نموده و در نرم‌افزار GAMS توسط شرکت مشاوره و توسعه ARKI در کشور دانمارک راه‌اندازی و توسعه داده شده است.

در فاز ۲، ابتدا بهترین توزیع احتمال برای هر یک از مجموعه داده‌های ورودی و خروجی با استفاده از نرم‌افزار Easyfit که یک افزونه در نرم‌افزار Excel است، برازش می‌شود. پس از آن، اعداد تصادفی با توزیع از قبل تعیین‌شده برای هر یک از نهاده‌ها و ستاده‌ها تولید می‌شود.

در فاز ۳ با کمک اعداد تصادفی تولید شده و همچنین وزن‌های بهینه به دست آمده از حل مدل RDEA در فاز ۱، مقادیر کارایی مجدداً محاسبه شده و واحدهای تصمیم‌گیر مجدداً رتبه‌بندی می‌شوند. در آخرین فاز، میانگین درصد انطباق بین رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیر در الگوی با داده‌های اصلی و شبیه‌سازی شده، محاسبه می‌شود.

جامعه ی آماری این مطالعه، کشاورزان نخل‌کار منطقه اهواز می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق تکمیل پرسشنامه از کشاورزان با در نظر گرفتن جامعه آماری و استفاده از نمونه گیری تصادفی ساده در سال ۱۳۹۷ حاصل شد. جهت تعیین حجم نمونه از مطالعه جیمز و همکاران (۴) برای داده‌های پیوسته (داده‌های قابل اندازه‌گیری) استفاده شد. در مطالعه‌ی آنان فرمول کوکران تعدیل شده و برای متغیرهای پیوسته و طبقه‌بندی شده به طور مجزا تعدیل شده است؛ بطوری‌که ابتدا با استفاده از رابطه ۱۰ حجم نمونه اولیه محاسبه شده و پس از آن با استفاده از رابطه ۱۱ این حجم نمونه اصلاح می‌گردد.

$$n_0 = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{Z^2 pq}{d^2}-1\right)} \qquad (۱۰)$$

$$n = \frac{n_0}{1+\left(\frac{n_0-1}{N}\right)} \qquad (۱۱)$$

که در آن n_0 حجم نمونه اولیه، n حجم نمونه تعدیل شده، N حجم نمونه آماری، d اشتباه مجاز (معمولاً ۰/۰۵)، Z مقدار متغیر نرمال با سطح اطیمنان α−۱، p نسبت برخورداری از صفت مورد نظر و q نسبت عدم برخورداری از صفت مورد نظر می‌باشند.

با توجه به حجم جامعه آماری (در حدود ۳۰۰ بهره‌بردار)، یک نمونه‌ی ۸۵ تایی جهت بررسی انتخاب گردید.

نتایج و بحث

شاخص‌های آماری مربوط به ستاده و نهاده‌های مورد استفاده در تولید خرما در جدول ۱ آمده است. ملاحظه می‌گردد که میانگین عملکرد خرما در حدود ۸/۵ تن بوده که از حداقل حدود ۲/۵ تا حداکثر ۱۷/۵ تن در نوسان می‌باشد. میانگین استفاده از نیروی کار در هر هکتار ۳۹/۲ نفر−روز بوده و در دامنه‌ی ۱۰ تا ۷۸ نفر−روز متغیر است. میانگین استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی در هر هکتار ۱۴ ساعت بوده و نشان‌دهنده‌ی آن است که بسیاری از فعالیت‌های تولید خرما توسط نیروی‌کار صورت می‌گیرد. وجود اختلاف زیاد در میزان عملکرد و همچنین میزان استفاده از نهاده‌های تولید این نکته را نمایان می‌سازد که استفاده از تکنیک DEA متداول با توجه به ضعف این روش در مقابل تغییر داده‌های ورودی و خروجی مناسب نبوده و استفاده از روش‌های اعمال شرایط عدم حتمیت اجتناب‌ناپذیر است.

البته استفاده از معیار ضریب تغییرات برای مقایسه‌ی نهاده‌ها و ستاده‌ها مناسبتر است. ملاحظه‌ی ضریب تغییرات نشان می‌دهد که بیشترین درصد ضریب تغییرات مربوط به نهاده‌ی ماشین‌آلات با ۱۰۹/۷ و پس از آن، به ترتیب نهاده‌های سطح زیرکشت با ۸۵/۴، آفت‌کش با ۸۲/۳ و آب آبیاری با ۸۰/۳ قرار دارند. در مطالعه‌ی مردانی و ضیایی (۱۳۹۵)، نهاده‌های آفت‌کش و سطح زیرکشت بیشترین درصد ضریب تغییرات به ترتیب با ۱۳۵ و ۱۹۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. بررسی ضریب نشان‌دهنده‌ی آن است که نهاده ماشین‌آلات کشاورزی نسبت به نهاده‌های نیروی‌کار، کود، آفت‌کش، سطح زیرکشت، تعداد درخت، تعداد شاخه‌ی نر جهت تلقیح و مقدار آب آبیاری به ترتیب ۲/۱، ۱/۶، ۳، ۱/۳، ۳/۷، ۲ و ۱/۴ برابر پراکندگی بیشتری دارد.

1- Generalized Reduced Gradient

جدول ۱- خلاصه آماری مربوط به ستاده و نهاده‌های مورد استفاده در هر هکتار محصول خرما
Table 1 - Statistical summary of inputs and outputs per hectare of date products

	ستاده (Output)		نهاده (Input)						
	عملکرد **Yield**	نیروی کار **Labor**	کود شیمایی **Fertilizer**	آفت‌کش **Pesticide**	ماشین‌آلات **Machinery**	سطح زیرکشت **Area under cultivation**	تعداد درخت **The number of trees**	تعداد شاخه نر جهت تلقیح **The number of male plugs for insemination**	آب‌آبیاری **Irrigation water**
واحد **Unit**	کیلوگرم **Kg**	(نفر-روزکار) **Man-day**	کیلوگرم **Kg**	لیتر **Liter**	ساعت **Hour**	هکتار **Hectare**	نفر **Person**	عدد **Number**	مترمکعب **Cubic meter**
میانگین Average	8424	39.2	312	8	14	3.7	106	118	52443
حداکثر Maximum	17500	78	800	24	48	11	182	250	136172
حداقل Minimum	2400	10	0	0	0	0.5	53	0	1401
انحراف معیار Standard deviation	3364	20.1	215	6.6	15.4	3.1	31.5	64	42129
درصد ضریب تغییرات Percentage coefficient of variation	39.9	51.2	69	82	110	85	29.7	54	80

منبع: یافته‌های تحقیق
Source: Research findings

جدول ۲ نتایج حاصل از برآورد کارایی فنی بهره‌برداران خرما در شهرستان اهواز در دو الگوی DEA و RDEA را نشان می‌دهد. این نتایج در سطح عدم اطمینان معین (ε) ۱۰ درصد و سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (p) به میزان ۱۰٪ و ۱۰۰٪ ارائه گردیده است. جهت سهولت ارائه‌ی نتایج، کارایی نخلستان‌های مورد بررسی بر اساس امتیاز کارایی آنها به ۶ طبقه در دامنه‌های کمتر از ۰/۶، ۰/۷-۰/۶، ۰/۸-۰/۷، ۰/۹-۰/۸ و ۱-۰/۹ تقسیم‌بندی شده و تعداد واحدهای موجود در هر طبقه به همراه شاخص‌های آماری آن در جدول ۳ آمده است. کارایی فنی واحدها در مدل RDEA در سطح احتمال یک درصد (P=0.1) از ۰/۲۹ تا ۱ در نوسان بوده و این اختلاف حاکی از عدم وجود برنامه‌ی مشخص توسط کشاورزان منطقه برای استفاده‌ی بهینه از نهاده‌های تولید و همچنین نشان‌دهنده‌ی این است که پتانسیل بالایی برای بهبود کارایی نخل‌کاران با تکنولوژی موجود وجود دارد. به طوری که، غیرکاراترین کشاورزان می‌تواند کارایی فنی خود را به میزان ۷۱ درصد افزایش دهد. با توجه به جدول ۲ همچنین ملاحظه می‌گردد که با کاهش سطح احتمال از ۱۰۰ درصد به ۱۰ درصد، تعداد واحدهای دارای کارایی کامل، از ۵۱ به ۳۶ کاهش و ضریب تغییرات، از ۱۶/۷ درصد به ۲۲/۶ درصد افزایش یافته که این امر به دلیل افزایش حفاظت الگو در مقابل داده‌های غیردقیق رخ داده است. بررسی کارایی فنی واحدهای تولیدکننده‌ی خرما نشان‌دهنده‌ی این است که در سطح احتمال۱۰۰درصد، ۸۵٪ بهره‌برداران دارای کارایی بالاتر از ۷۰٪ بوده، در حالی‌که در سطح احتمال ۱۰ درصد، ۷۶٪ بهره‌برداران کارایی بالاتر از ۷۰٪ دارند. احتمالاً یکی از مهمترین دلایل بالا بودن کارایی فنی واحدهای کشاورزی، دانش فنی کشاورزان در استفاده از فناوری‌های نه چندان پیشرفته کنونی با توجه به منابع موجود باشد. در مطالعه عبدپور و همکاران (۱) نیز ۴۴/۳ درصد کشاورزان کارایی فنی بالاتر از ۷۰٪ داشته‌اند.

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد کارایی فنی بهره‌برداران در سطح عدم اطمینان ۱۰ درصد و سطوح احتمال ۱۰۰ و ۱۰ درصد

Table 2- Results of estimation of technical efficiency of the farmers at the level of uncertainty of 10% and probability levels of 100 and 10%

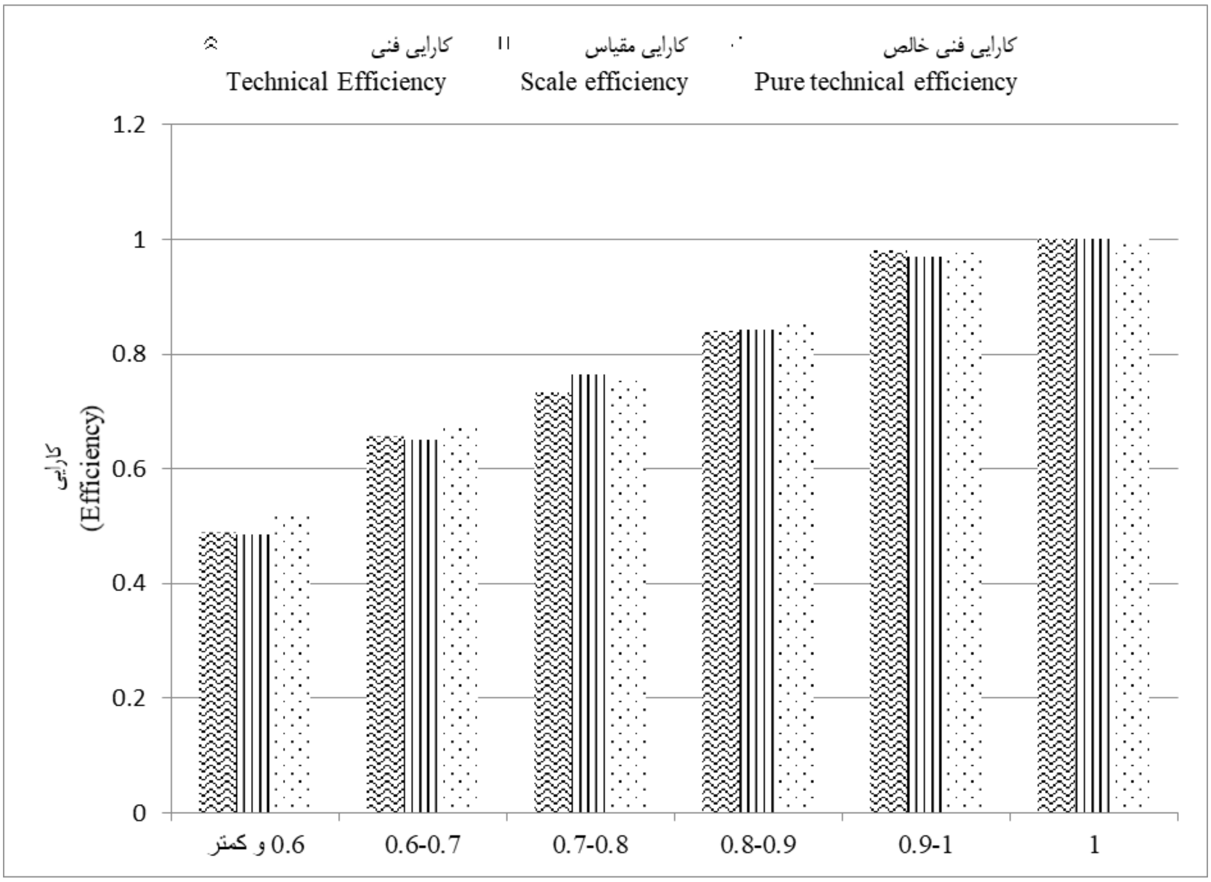
طبقات Category	میانگین Average	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	انحراف معیار Standard deviation	فراوانی Frequency	درصد ضریب تغییرات Percentage coefficient of variation
	DEA(P=1)					
0.6 و کمتر	0.5	0.6	0.4	0.1	7	14.8
0.6-0.7	0.6	0.7	0.6	0.03	5	4.9
0.7-0.8	0.8	0.8	0.7	0.03	5	4.1
0.8-0.9	0.9	0.9	0.8	0.02	9	2.7
0.9-1	1	1	0.9	0.02	8	2.9
1	1	1	1	0	51	0
مجموع (Sum)	0.9	1	0.4	0.2	85	16.7
	RDEA (P=0.1)					
0.6 و کمتر	0.5	0.6	0.3	0.1	12	14.7
0.6-0.7	0.7	0.7	0.6	0.03	8	4.9
0.7-0.8	0.7	0.8	0.7	0.02	10	3.5
0.8-0.9	0.8	0.9	0.8	0.03	6	4.1
0.9-1	1	1	0.9	0.02	13	2.5
1	1	1	1	0	36	0
مجموع (Sum)	0.9	1	0.3	0.2	85	22.6

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

نمودار کارایی فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص بهره‌برداران خرما در شکل ۱ آمده است. ملاحظه می‌گردد که میانگین کارایی فنی خالص تقریباً در تمامی طبقات، بالاتر از میانگین کارایی فنی و کارایی مقیاس است. این امر نشان‌دهنده‌ی قابلیت و مهارت بالای خرماکاران شهرستان اهواز در تولید خرما بوده که با افزایش دانش فنی بهره‌برداران و مدیریت بهتر استفاده از نهاده‌ها برای رسیدن به حداکثر میزان تولید، کارایی را تا رسیدن به مرز کارای تولید ارتقا می‌دهد. پایین بودن کارایی مقیاس و کارایی فنی به معنی یکسان نبودن تلاش بهره‌برداران برای تولید یک مقدار مشخص محصول با کمترین میزان مصرف نهاده بوده و مهمترین دلیل ناکارایی فنی، مقیاس غیر بهینه‌ی واحدهای تولیدی است. بنابراین، نیاز به تغییرات کوچک و برنامه‌ریزی دقیق برای کارا نمودن واحدهای تولیدی از طریق حرکت به سمت مقیاس بهینه احساس می‌شود. مردانی و ضیائی (۱۷) نیز نشان دادند که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح احتمال P و عدم اطمینان معین، از میانگین کارایی فنی بیشتر است. محبان و همکاران (۱۹) نیز در مطالعه‌ی خود به این نتیجه رسیدند که کارایی فنی خالص از کارایی مقیاس بیشتر بوده و محققین معتقدند که مهمترین علت ناکارایی فنی، بهینه نبودن مقیاس واحدهای تولیدی است. واحدهای دارای کارایی فنی کامل (۱۰۰ درصد)، هم از نظر مدیریتی (کارایی فنی خالص) و هم از نظر مقیاس، در سطح بهینه بوده و لذا نیاز به استفاده بیشتر از نهاده‌های تولید ندارند.

میانگین مقدار مصرف واقعی و بهینه‌ی نهاده‌ها و همچنین درصد تغییرات مصرف آن‌ها در سه سطح احتمال انحراف محدودیت ۱۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد در جدول ۳ آمده است. ملاحظه می‌گردد که با افزایش احتمال انحراف محدودیت، میانگین مصرف بهینه‌ی نهاده‌ها افزایش یافته و لذا درصد تغییر مصرف نهاده‌ها در حالت بهینه نسبت به حالت واقعی کاهش و از میزان ناکارایی کاسته شده است. بیشترین میزان تغییر مصرف نهاده در حالت بهینه نسبت به حالت واقعی مربوط به نهاده‌ی ماشین آلات بوده و حاکی از ناکارایی بالای استفاده از این نهاده است. هرچند این نهاده نسبت به سایر نهاده ها در تولید محصول خرما به مقدار کمتری مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما چون شخم به موقع نقش مهمی در عملکرد خرما دارد (۱۱)، می‌توان با مدیریت استفاده‌ی بهینه از ماشین‌آلات، کارایی را افزایش داد.



شکل ۱- میانگین کارایی‌های فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص در سطح عدم اطمینان ۱۰ درصد و سطح احتمال ۱۰ درصد در الگوی RDEA

Figure 2- Average technical efficiency, scale efficiency and pure technical efficiency at 10% uncertainty level and 10% probability level in RDEA model

در همین رابطه در محصول گندم، مردانی و ضیایی (۱۷) نشان دادند که نهاده‌های زمین و آفت‌کش ناکاراترین نهاده‌های تولید هستند. بهره برداران خرما در منطقه‌ی مورد مطالعه در سطح احتمال انحراف ۸۰ و ۱۰۰ درصد، دارای بیشترین درصد عدم کارایی به ترتیب در بکارگیری ماشین‌آلات به میزان ۰/۲۲ و ۰/۳۳ و مصرف آفت کش با ۰/۱ و ۰/۲ می‌باشند. بنابراین می‌توان با کاهش ۲۲ و ۳۳ درصد در ساعات بکارگیری ماشین‌آلات و ۱۰ و ۲۰ درصد کاهش استفاده از آفت کش‌ها، بدون کاهش تولید، هزینه‌ها را کاهش داده و به مرز تولید در مقایسه با بهره برداران کارا رسید. کمترین مقدار عدم کارایی مربوط به تعداد درخت در هر هکتار بوده و نشان می‌دهد که تولیدکنندگان خرما منطقه‌ی مورد مطالعه در این زمینه کارا عمل نموده و این امر ناشی از مهارت بالای آن‌ها در احداث نخلستان است. از آن جا که درخت نخل دارای عمر طولانی بوده و امکان جا به جایی آن بعد از شروع دوران بازده اقتصادی میسر نبوده و به دلیل ارتفاع زیاد درختان توصیه می‌گردد که درختان باغ همسن باشند، لذا کارایی بالای بهره برداران در انتخاب فاصله‌ی درختان از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

در شکل ۲ درصد کاهش مصرف نهاده‌ها نسبت به مقدار واقعی، در سطح احتمال انحراف از محدودیت ۸۰ درصد و در سطوح اطمینان معین مختلف از ۵ تا ۳۰ درصد آمده است. مشاهده می‌شود که با افزایش سطح اطمینان معین از ۵ به ۳۰ درصد، درصد کاهش مصرف بهینه‌ی تمامی نهاده‌ها نسبت به مقدار واقعی، کاهش یافته و نهاده‌ها به طور کاراتری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همچنین دیده می‌شود که نهاده‌های ساعات کار ماشین‌آلات، آفت‌کش و کود دارای کمترین کارایی بوده و بنابراین جهت نیل به کارایی این نهاده‌ها، بایستی به استفاده مناسب از این نهاده‌ها مبادرت نمود. لذا پیشنهاد می‌گردد متولیان امر، به ارائه‌ی یک برنامه اساسی برای افزایش کارایی مصرف این نهاده‌ها بپردازند. با توجه به جدول، کمترین درصد کاهش استفاده از نهاده‌ها نسبت به مقدار واقعی، مربوط به تعداد درخت و زمین بوده و در نتیجه، این دو نهاده دارای بالاترین کارایی در استفاده می‌باشد.

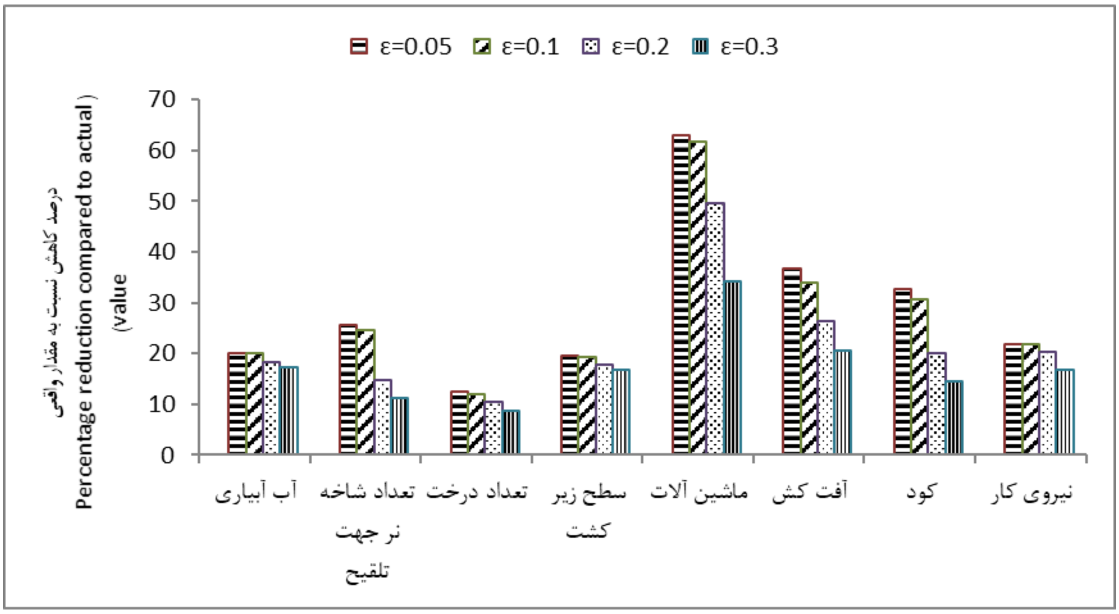
جدول ۳- میانگین مقادیر واقعی و بهینه و درصد تغییر نسبت به مقدار واقعی در سطوح احتمال انحراف از محدودیت‌های متفاوت و در سطح اطمینان ε=0.2

Table 3- The average of actual and optimal values and percent change over the actual value at the probability level of constraints deviation and at the confidence level ε =0.2

	سطح احتمال **Probability level**	نیروی کار **Labor**	کود شیمیایی **Fertilizer**	آفت‌کش **Pesticide**	ماشین‌آلات **Machinery**	سطح زیرکشت **Area under cultivation**	تعداد درخت **The number of trees**	تعداد شاخه نر جهت تلقیح **The number of male plugs for insemination**	آب‌آبیاری **Irrigation water**
میانگین مقادیر واقعی Actual value average of	P=1	39.1	314	8	13.9	3.7	106	117	52429
میانگین مقادیر بهینه Optimal value average of		35.2	289	7.2	10.8	3.3	101	110	47782
درصد تغییرات Percentage of variation		-11.1	-8.4	-11.5	-29.4	-11.1	-5.6	-6.4	-9.7
میانگین مقادیر بهینه Optimal value average of	P=0.8	32.5	261	6.4	9.3	3.1	96	102	44296
درصد تغییرات Percentage of variation		-20.3	-20	-26.3	-49.5	-17.9	-10.4	-14.8	-18.4
میانگین مقادیر بهینه Optimal value average of	P=0.1	31.1	234	6	8.9	3	93	90	42723
درصد تغییرات Percentage of variation		-25.5	-34.3	-33.4	-56.1	-25.1	-14.7	-30.3	-22.7

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

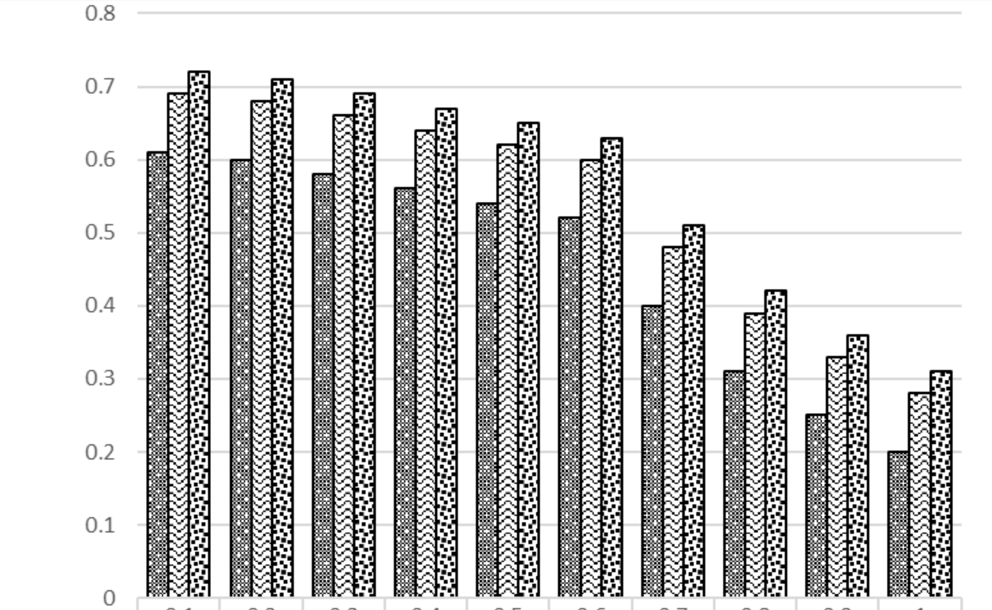


شکل ۲- درصد کاهش نهاده‌ها نسبت به مقدار واقعی در P=0.8 و سطوح اطمینان مختلف

Figure 2- The percent reduction in inputs relative to the actual value at P = 0.8 and various confidence levels

در مطالعه عبدپور و همکاران (۲) ناکاراترین نهاده‌ها شامل کود حیوانی، کود شیمیایی، ماشین‌آلات و آب به ترتیب با عدم کارایی‌های ۳۷/۴۱، ۲۹/۴۷ و ۲۶/۱۳ درصد می‌باشد. اوحدی و همکاران (۲۰) نیز نشان دادند که نهاده‌های آب و کود شیمیایی به ترتیب با ۳۴ و ۴۰ درصد مازاد، بالاترین درصد ناکارایی در مصرف را به خود اختصاص داده، ولی میزان نهاده‌های کود دامی و سم به مقدار بهینه نزدیک‌تر است.

جهت اعتبارسنجی مدل RDEA از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده گردید. در این راستا، بهترین برازش برای توزیع احتمال هر یک از داده‌های ورودی وخروجی تعیین و ۱۰۰۰۰ مجموعه داده تصادفی برای هر مشاهده تولید شد. سپس با استفاده از وزن‌های بهینه حاصله از حل مدل RDEA، به رتبه‌بندی مجدد واحدها با استفاده از داده‌های تصادفی پرداخته شد. پس از آن، این رتبه‌بندی‌ها با رتبه‌بندی اولیه مقایسه شده و در صورت وجود اختلاف، به عنوان عدم انطباق ثبت می‌گردد. هر چه میزان این عدم انطباق بیشتر باشد، نشان از عدم توانایی مدل در مواجهه با مسئله عدم حتمیت دارد. شکل ۳ نتایج این شبیه‌سازی را برای سطوح متفاوت احتمال انحراف از محدودیت (p) و سطح عدم اطمینان معین (ε) نشان می‌دهد. به عنوان نمونه، در سطح احتمال p=۰/۱ و ε=۰/۱، درصد انطباق حدود ۷۰ است. بدین معنی که از ده هزار رتبه‌بندی ایجاد شده با اعداد تصادفی، حدود هفت هزار رتبه‌بندی (۷۰ درصد) دقیقاً با رتبه‌بندی اولیه مطابقت دارد. ملاحظه می‌گردد که با افزایش سطح احتمال، درصد انطباق در حال کاهش است؛ به طوری که در سطح عدم اطمینان معین ۱۰ درصد، درصد انطباق از حدود ۶۰ درصد در سطح احتمال ۱۰ درصد به حدود ۲۰ درصد در سطح احتمال ۱۰۰ درصد (مدل DEA معمولی) کاهش یافته است. همچنین، مشخص گردید که با افزایش میزان سطح عدم اطمینان معین، میانگین درصد انطباق، افزایش خواهد یافت. وجود ۶۰ تا ۷۰ درصد انطباق در سطوح بالای محافظه‌کاری (سطوح پایین احتمال p)، حکایت از توانمندی بالای مدل RDEA در مواجهه با مسئله عدم حتمیت در ارزیابی کارایی تولیدکنندگان خرما شهرستان اهواز دارد. این نتیجه با مطالعات مردانی و ضیایی (۱۷) و مردانی و صبوحی (۲۱) هم‌خوانی دارد. البته تفاوت اصلی این مطالعه با مطالعات مذکور در نحوه تولید اعداد تصادفی است. به طوری که در مطالعه حاضر، برای تولید اعداد تصادفی از توزیع احتمال داده‌های ورودی و خروجی استفاده شده در حالی که در مطالعات مذکور، از توزیع دلخواه (یکنواخت یا نرمال) استفاده شده است. استفاده از بهترین توزیع احتمالی برازش شده برای هر یک از داده‌های ورودی و خروجی، منجر به قابلیت اعتماد بالاتر نتایج شبیه‌سازی مونت کارلو خواهد بود (۱۹).



	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
ε=0.1	0.61	0.6	0.58	0.56	0.54	0.52	0.4	0.31	0.25	0.2
ε=0.2	0.69	0.68	0.66	0.64	0.62	0.6	0.48	0.39	0.33	0.28
ε=0.3	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.51	0.42	0.36	0.31

شکل ۳- نتایج حاصل از شبیه‌سازی مونت‌کارلو در اعتبارسنجی مدل RDEA

Figure 3- Results of Monte Carlo simulation in validating the RDEA model

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعه‌ی حاضر با هدف برآورد کارایی‌های فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس تولیدکنندگان خرمای شهرستان اهواز با استفاده از دو الگوی DEA و RDEA برای برنامه‌ریزی منطقی در جهت مدیریت تولید این محصول و همچنین نحوه‌ی مصرف بهینه‌ی منابع تولید با هدف افزایش کارایی تولید صورت گرفته است. جهت بررسی و مقایسه کارایی‌های فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص در محدوده نخلستان‌های تحت بررسی، تعداد ۸ نهاده و ۱ ستاده در نظر گرفته شد. مقادیر سه نوع کارایی فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص در سطح عدم اطمینان معین ۱۰ درصد و سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود (P) به میزان ۱۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نشان داد که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح احتمال P و عدم اطمینان معین، بالاتر از میانگین کارایی فنی است. این امر نشان‌دهنده‌ی قابلیت و مهارت بالای تولیدکنندگان خرمای شهرستان اهواز است. کارایی مقیاس و کارایی فنی پایین به این معنی است که اغلب زارعین از نظر تلاش برای تولید محصول مشخص با کمترین نهاده، دارای شرایط یکسان نبوده‌اند. جهت افزایش کارایی فنی نخلستان‌های خرما پیشنهاد می‌گردد با استفاده‌ی مطلوب از تکنولوژی موجود، کارایی را تا رسیدن به مرز کارای تولید ارتقا داده و همچنین زمینه‌ی ارتباط نخل‌کاران موفق جهت انتقال تجربیات و روش‌های مورد استفاده آنان به سایر نخلکاران جهت کاهش ناکارایی در مصرف نهاده‌ها، فراهم گردد.

بیشترین درصد تغییر مصرف نهاده‌ها در حالت بهینه نسبت به مصرف واقعی در سطوح احتمال متفاوت و در ε=۰/۲ مربوط به نهاده‌ی ماشین‌آلات بوده که حاکی از ناکارایی بالای این نهاده است. در این خصوص، توصیه می‌شود بر اساس اهمیت نهاده‌ها، به اصلاح ساختار استفاده از آنها پرداخته شود. در این راستا، دولت و مسؤلان ذی‌ربط بایستی با فراهم نمودن خدمات توسعه‌ای و ترویجی در زمینه استفاده‌ی بهینه از نهاده‌ها و ارائه راهنمایی‌های ترویجی کشاورزان را یاری نمایند. شبیه‌سازی الگوی RDEA نشان داد که این الگو از انعطاف‌پذیری بسیار بالایی در مقابل داده‌های غیردقیق برخوردار است. از این رو، با توجه به مسئله‌ی عدم حتمیت در فرایند تولید محصولات کشاورزی و عدم توانایی کشاورزان در کنترل این عدم حتمیت، استفاده از نتایج الگوی RDEA برای انجام مراحل اصلاح‌سازی رفتار غیربهینه‌ی کشاورزان ناکارا در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌شود.

منابع

1- Abdpour A., Asadabadi E., and Fami H.S. 2017. Analysis Factors Affecting Date Production Efficiency in Bam County: With DEA Approach. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 48: 507-518.
2- Ahmad Z., and Jun M. 2015. Agricultural Production Structure Adjustment Scheme Evaluation and Selection Based on DEA Model for Punjab (Pakistan). Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), 22: 87-91.
3- Banker R.D., Charnes A., and Cooper WW. 1984. Some models for estimation technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. Management Science 30: 1078-1092.
4- Bartlett J.E., Kotrlik J.W., and Higgins C.C. 2001. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. Information Technology, Learning, and Performance Journal 19: 43-50.
5- Bertsimas D., and Sim M. 2004. The price of robustness. Operations Research 52: 35–53.
6- Boubacar O., Hui-qiu Z., Rana M.A., and Ghazanfar S. 2016. Analysis on Technical Efficiency of Rice Farms and Its Influencing Factors in South-western of Niger. Journal of Northeast Agricultural University (English Edition) 23: 67-77.
7- Charnes A., Cooper W.W., Golany B., and Seiford L. 1985. Foundation data envelopment analysis of Pareto–Koopmans efficient empirical production functions. Journal of Econometrics 30: 91–107.
8- Despotis D.K., Maragos E.K., and Smirlis Y.G. 2006. Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach. European Journal of Operational Research 140:24–36.
9- Dupacova J., Growe-Kuska N., and Romish W. 2003. Scenario reduction in stochastic programming: an approach using probability metrics. Mathematical Programming Series A 95:493–511.
10- Han Y., Geng Z., Zhu Q., and Qu Y. 2015. Energy efficiency analysis method based on fuzzy DEA cross-model for ethylene production systems in chemical industry. Energy 83:685-95.
11- Hoseini Y, Mohebbi A, Pouzeshnezhad M, Basirat M, Rejali F. 2017. Integrated management of soil fertility and nutrition of palm plants, Ministry of Agricultural Jihad, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Soil and Water Research Institute 1: 45-55.
12- Hory M., and Haghayeghi A. 2010. Effects of irrigation interval and depth on fruit quantitative and qualitative characteristics of Barhee date palm Phoenix dactylifera Uarterly Journal of Water and Soil Conservation (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources) 18: 101-117.
13- Karimifard S., Abdeshahi A., and Moghdasi R. 2010. Investigating the issues of marketing and export of dates in Khuzestan province. Journal of Agricultural Economics Researches 4: 153-169.
14- Khuzestan Agricultural Jihad Organization.2014. Statistical Yearbook. 2014. Management of Horticultural Affairs.
15- Lertworasirikul S., Shu-Cherng F., Joines J.A, and Nuttle H.L.W. 2003. Fuzzy data envelopment analysis (DEA): A possibility approach. Fuzzy Sets and Systems 139: 379–394.
16- Mardani M., Sargazi A., and Sabouhi M. 2013. Determination of the Efficiency of Sistan Wheat Farms Using Incorporation Optimization Model with Degree of Conservatism Control Parameters and Data Envelopment Analysis (RDEA) Agricultural Economics & Development 27: 180-187.
17- Mardani M., and Ziaee S. 2016. Determining the Efficiency of Irrigated Wheat Farmsin Neyshabur County under Uncertainty Agricultural Economics & Development 30: 136-147.
18- Moheban P., Mousavi S.N., Najafi B. 2015. Efficiency of Agricultural Processing Industry in Iran. Journal of Agricultural Economics Research 8: 79-100.
19- Ohadi N., Akbari A., and Shahraki J. 2015. Data envelopment analysis method usage for efficiency determination of pistachio growers in Sirjan. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 46: 51-60.
20- Pask F., Lake P., Yang A., Tokos H., and Sadhukhan J. 2017. Sustainability indicators for industrial ovens and assessment using Fuzzy set theory and Monte Carlo simulation. Journal of Cleaner Production140: 1217-1225.
21- Sabouhi M., and Mardani M. 2017. Linear robust data envelopment analysis: CCR model with uncertain data. International Journal of Productivity and Quality Management 22: 262-280.
22- Shokouhi A.H., Hatami-Marbini A., Tavana M., and Saati S. 2010. A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. Computers and Industrial Engineering 59:387-397.
23- Toma E., Dobre C., Dona I., and Cofas E. 2015. DEA Applicability in Assessment of Agriculture Efficiency on Areas with Similar Geographically Patterns. Agriculture and Agricultural Science Procedia 6: 704-711.
24- Tsionas E.G. 2003. Combining DEA and stochastic frontier models: An empirical Bayes approach. European Journal of Operational Research 147: 499-510.
25- Yu J.R., Tzeng Y.C., Tzeng G.H., Yu T.Y., and Sheu H.J. 2004. A fuzzy multiple objective programming to DEA with imprecise data, International Journal of Uncertainty. Fuzziness & Knowledge-Based Systems 12: 591-600.

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 33, No. 2, Summer 2019, p. 191-204

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۲۰۴-۱۹۱

Evaluating Uncertainty of Palm Trees Efficiency in Ahvaz County: Application of Robust Data Envelopment Approach and Monte Carlo Simulation

M. Mardani Najafabadi[1]*– A. Abdeshahi[2]
Received: 18-03-2019
Accepted: 22-07-2019

Introduction: Date is one of the strategic and economic horticultural products in Iran due to its important role in gross domestic product, employment and export. Therefore, investigating the efficiency of date producers and trying to improve their efficiency through optimum use of resources have special importance. Several techniques are used to evaluate efficiency of decision making units (DMUs). Data Envelopment Analysis (DEA) is recognized as a methodology, widely used to evaluate the relative efficiency of a set of DMUs. Although, DEA is a powerful tool for measuring efficiency, there are some restrictions to be considered. One of the important restrictions involves the sensitivity of DEA to uncertainty of the data in analysis. In this research, the linear robust optimization framework of Bertsimas and Sim (2004) was applied in DEA with uncertain data.

Materials and Methods: Data envelopment analysis (DEA) traditionally assumes that input and output data of different DMUs are measured with precision. However, in many real applications, inputs and outputs are often imprecise. This paper applied a robust data envelopment analysis (RDEA) model using imprecise data represented by uncertain set in estimating the efficiency of date producers. The method is based on the robust optimization approach of Bertsimas and Sim (2004) to seek maximization of efficiency under uncertainty (as does the original DEA model). In this approach, it is possible to alter the degree of conservatism to let decision maker know the trade-off between constraint's protection and its efficiency. The method incorporates the degree of conservatism in maximum probability bound for constraint violation. 85 date producers were selected by simple random sampling and necessary data were collected by completing a questionnaire.

Results and Discussion: In this section, the results of evaluating date producers are presented which consists of eight inputs and one output. For denoting input and output data uncertainty, ten given maximums of constraint's violation probability were considered with respect to nominal values: 10%, 20%,…100% (i.e. we used Γ = 0.10, 0.20,…1.00). The results revealed that Gamma value decreases as the probability of constraint violation increases. The RDEA model result showed how efficiency declines as the level of conservatism of solution increases or as the constraint violation probability decreases. According to the method, if all Gammas equal 0, then robust and original DEA models are the same. The most difference between mean of optimal and actual amount of inputs is related to four inputs including machinery, fertilizer, pesticide, and irrigation water in both DEA and RDEA models. In this regard, the government and other relevant authorities should provide producers with extension services to help them optimize inputs. The average technical efficiency for this category of producers is estimated at 90%, and this result indicates a relatively high level of technical knowledge of farmers in using current technologies. In simulating violation probabilities ranging from 0.1 to 1.0 (at a constant the level of ε), percentages of average conformity are quite high.

Conclusion: Evaluating the performance of many activities by a traditional DEA approach requires precise input and output data. However, input and output data in real-world are often imprecise or vague. To deal with imprecise data, this study used a robust optimization approach as a way to quantify imprecise data in DEA models. It is shown that the Bertsimas and Sim (2004) approach can be a useful tool in DEA models without introducing additional complexity into the problem (we called robust data envelopment analysis (RDEA)). A case study of Ahvaz county date producer is presented to illustrate reliability and flexibility of the model. The problem was solved for a range of given uncertainty and constraint violation probability levels using the GAMS software. This case suggests that our approach identifies the tradeoff between levels of conservatism and efficiency. As a result, efficiency decreases as the constraint violation probability increases. Additionally the

1 and 2- Assistant Professor and Associate Professor of Agricultural Economics, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
(*- Corresponding Author Email: M.mardani@asnrukh.ac.ir)

RDEA approach provides both a deterministic guarantee about the efficiency level of the model, as well as a probabilistic guarantee that is valid for all symmetric distributions.

Keywords: Date product, Monte Carlo simulation, Robust data envelopment analysis, Uncertainty